

CLAUDIO RONCO

Professore Ordinario di Nefrologia • Università degli Studi di Padova

Nefrologia Critica

Il volume è stato realizzato
grazie alla collaborazione attiva dei seguenti Autori:

Simona Benegni, Vinicio Danzi, Silvia De Rosa, Isabella Favia,
Fiorenza Ferrari, Giulia Gazzaniga, Roberta Haiberger,
Anna Lorenzin, Nicola Marchionna, Eleonora Marinari,
Maria Angela Mettifogo, Marta Proglione, Emilio Quaia,
Zaccaria Ricci, Stefano Romagnoli, Sara Samoni,
Gianluca Villa, Monica Zanella, Federica Zoppi

Presentazione del
Prof. Massimo Antonelli

PICCIN

Opera coperta dal diritto d'autore
TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

AVVERTENZA

Indicazioni accurate, effetti indesiderati e dosaggi per i farmaci sono indicati nel libro, ma è possibile che cambino. Il lettore deve esaminare le informazioni contenute nel foglietto illustrativo dei produttori dei medicinali menzionati. Gli autori, curatori, editori o distributori non sono responsabili per errori od omissioni o per qualsiasi conseguenza derivante dall'applicazione delle informazioni di quest'opera, e non danno alcuna garanzia, esplicita o implicita, rispetto al contenuto della pubblicazione.

Gli autori, curatori, editori e distributori non si assumono alcuna responsabilità per qualsiasi lesione o danno a persone o cose derivante da questa pubblicazione.

ISBN 978-88-299-3112-5

Stampato in Italia

Copyright © 2021, by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova

www.piccin.it

Presentazione

Massimo Antonelli

Ogni opera letteraria o scientifica riflette sempre lo spirito, la visione e la metodologia di scrittura del suo Autore.

Il volume *Nefrologia Critica* non fa eccezione e rispecchia le straordinarie doti del "Connettivista" come ama definirsi il Prof Claudio Ronco, vero creatore di reti interdisciplinari. La sua personalità eclettica e dagli innumerevoli interessi spazia dalla medicina alla letteratura, dallo sport praticato a livello agonistico alla musica.

In una proiezione intelligente e visionaria, le competenze multidisciplinari si "connettono", si intersecano e si intrecciano garantendo al lettore una prospettiva di sistema a 360 gradi sul malato critico nefrologico.

Il piano dell'opera ricalca l'impianto funzionale e gestionale della nefrologia critica, che trae ispirazione dal modello vicentino dell'Ospedale S. Bortolo, creato anni fa dal Prof Ronco.

Ogni capitolo ha una solida struttura fisiologica e clinica con una impostazione concreta, che rende il testo facilmente fruibile per i principianti e genera importanti riflessioni negli iniziati della materia.

Valenti colleghi del mondo intensivologico, nefrologico, radiologico, infettivologico e infermieristico hanno contribuito alla redazione dei vari capitoli, mescolando le competenze con un'analisi puntuale anche degli aspetti tecnici, grazie al contributo di bioingegneri e specialisti del settore.

I richiami ai quadri clinici reali e di quotidiana gestione offrono l'opportunità di un'attenta comprensione fisiopatologica dei fenomeni e del loro trattamento terapeutico.

Di particolare utilità sono i capitoli dedicati agli approcci farmacologici e alle terapie extracorporee di supporto multiorgano e di gestione del bilancio idrico.

L'imaging e la descrizione istopatologica del danno renale acuto, attraverso le procedure di diagnosi bioptica, costituiscono un irrinunciabile complemento al piano generale dell'opera.

Con un approccio consapevole e moderno viene tenuto in grande considerazione l'aspetto nutrizionale nel paziente intensivo, a cui è dedicato uno specifico capitolo.

La nefrologia è divenuta una branca fondamentale delle discipline intensivologiche e il sapere in questo ambito si è arricchito di conoscenze ispirate da un Maestro come Claudio Ronco e di uno spirito multidisciplinare che è l'essenza della medicina moderna.

Questa opera nasce dalla fruttuosa collaborazione con l'Editore Piccin di Padova, nella cui Università l'Autore ricopre la cattedra di Nefrologia e rappresenta la continuità di una collana nefrologica unica nel suo genere per studenti

e medici specializzandi, nonché una fonte preziosa di consultazione per gli specialisti. La Collana consta di volumi già pubblicati (Nefrologia Medica e Dialisi Peritoneale) e di un testo in preparazione sull'emodialisi.

Impreziosire la propria biblioteca scientifica con questo volume ritengo sia di straordinaria utilità e imprescindibile completamento per la formazione di ogni intensivista e nefrologo con l'obiettivo di realizzare trattamenti accorti e intelligenti per i nostri pazienti.

Prof. Massimo Antonelli

*Direttore Dipartimento di Scienze dell'Emergenza
Anestesiologiche e della Rianimazione*

Professore Ordinario di Anestesiologia e Rianimazione

Past President della Società Europea di Medicina Intensiva (ESICM)

Past President della SIAARTI

*Direttore della Scuola di Specializzazione in Anestesiologia,
Rianimazione, Terapia Intensiva e del Dolore*

Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli IRCCS

Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Introduzione e uso del libro

Claudio Ronco

Vi sarà talora capitato di vedere in libreria dei manuali del tipo “Il computer per principianti” o “la chitarra elettrica per negati” o ancora “l’inglese per tutti”. Io ho letto alcuni di questi libri e ho trovato estremamente interessanti:

☺ *Gli aneddoti ed episodi di vita vissuta utili a far sentire meno solo il principiante*

● I messaggi dell’autore cui prestare particolare attenzione

📖 *Le raccomandazioni segnalate con un simbolo*

Pertanto, ogniqualvolta troverete uno di questi simboli prestate attenzione. Vi saranno delle informazioni importanti oppure un aneddoto di vita vissuta che vi farà sentire meno soli nell’esplorare i complessi meandri della nefrologia critica.

Introduzione

☺ *Ho iniziato a interessarmi di pazienti critici quando ho capito che nessuno suona una sinfonia da solo. Ci vuole un’orchestra. I professori possono avere diversi strumenti, ma devono suonare sulla stessa tonalità. Così è per il paziente critico. Pensai che un unico specialista forse non avrebbe avuto tutte le competenze necessarie per gestire un paziente così complesso. D’altra parte non è certo con una consulenza scritta in fretta che un medico di una disciplina può veramente aiutare il case manager di una situazione grave. E quindi mi ripromisi che avrei sviluppato un modello nuovo. Un modello multidisciplinare dove i vari specialisti si riuniscono al letto del paziente per portare frammenti di conoscenza al quadro generale di diagnosi e cura. Quel modello oggi viene chiamato nel mondo “Modello Vicenza” e la disciplina che ne è risultata viene definita comunemente “Nefrologia Critica” o “Critical Care Nephrology”.*

● All’inizio non è facile lavorare in team e gestire pazienti con molteplici comorbidità. Ma se avrete pazienza troverete una grandissima soddisfazione nel lavorare con una squadra di specialisti da cui potrete apprendere moltissimo. Chi ne beneficerà sarà sempre il paziente.

Purtroppo non sempre la formazione di un nefrologo è stata sufficientemente specifica da consentire di muoversi con destrezza in una rianimazione. D’altro canto, la formazione del medico rianimatore è spesso generica e non vi

sono sufficienti nozioni di fisiologia e patologia renale per gestire al meglio il paziente critico con problemi renali. Entrando in un reparto di medicina critica o terapia intensiva, si è generalmente colpiti dal numero di tecnologie presenti e frastornati dall'intensità delle azioni che a ogni minuto vengono compiute.

☞ *Prima lezione per i meno esperti è quella di non avere paura di dire "non lo so" e di non aver paura di chiedere aiuto. La brutta figura la fa colui che non sa e che non fa niente per imparare. Con il tempo acquisterete sicurezza e quindi non siate in ansia. L'ansia si trasmette agli operatori e ai pazienti e porta facilmente a errori. Ben presto, apprenderete i segreti delle varie tecniche e scoprirete che gli esperti di alcune metodiche sarete proprio voi. Dovrete cercare di conoscere l'evoluzione della tecnologia nel settore della nefrologia critica per poter utilizzare al meglio le risorse disponibili.*

☞ *Non saltate il capitolo della storia della nefrologia critica. Vi troverete spunti interessanti.*

Una volta approfondito il tema a ponte fra nefrologia e terapia intensiva trattato in questo volume, vi troverete a prendere decisioni e a dare consigli su aspetti che nessun altro come voi avrà approfondito e conoscerà fino in fondo.

☞ *Imparate a lavorare in equipe. Entrate in confidenza con medici e infermieri degli altri reparti. Organizzate una pizza ogni tanto. Scoprirete che l'amicizia rafforzerà anche la stima reciproca come specialisti e lavorerete meglio assieme.*

In conclusione, questo libro vuole essere un manuale per studenti, specializzandi in diverse discipline, giovani specialisti, infermieri e tecnici di dialisi e tutte quelle persone che vogliono approfondire la conoscenza della nefrologia in ambiente critico e delle relative tecnologie, possibilmente senza annoiarsi e senza perdersi d'animo. Ci sarà tempo per approfondire alcuni concetti o particolari nozioni su libri e siti più specifici. Per il momento godetevi la lettura quasi fosse un racconto.

☺ *Un'ultima cosa. Da anni ormai dirigo un istituto multidisciplinare con medici di diverse discipline, fisici e biologi, matematici e ingegneri, economisti e biotecnologi. L'idea mi venne molti anni fa leggendo un libro di fantascienza intitolato "Crociera verso l'infinito" di A.E. Van Vogt. L'autore descriveva un'astronave piena di scienziati in un viaggio interplanetario. Vi era anche uno scienziato particolare che non era esperto in nulla se non nella capacità di far lavorare assieme la gente e mettere in comune le conoscenze. Lo chiamavano il connettivista. Io oggi mi sento il connettivista della nefrologia critica che deve assolutamente lavorare su un modello multidisciplinare, come dico sempre, per dividere l'ignoranza e moltiplicare la conoscenza.*

Autore

Claudio Ronco

Professore Ordinario di Nefrologia
Dipartimento di Medicina (DIMED)
Università degli Studi di Padova
Direttore Unità Operativa Complessa
di Nefrologia, Dialisi e Trapianto renale
e International Renal Research Institute of Vicenza (IRRIV)
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo - Vicenza

Collaboratori

Simona Benegni

Dirigente Medico
Unità di Terapia Intensiva Cardiochirurgica
Dipartimento Medico Chirurgico
di Cardiologia Pediatrica
Ospedale Bambino Gesù, Roma

Vinicio Danzi

Direttore
Unità Operativa Complessa
di Anestesia e Rianimazione
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Silvia De Rosa

Dirigente Medico
Unità Operativa Complessa
di Anestesia e Rianimazione
International Renal Research Institute
of Vicenza (IRRIV)
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Isabella Favia

Dirigente Medico
Unità di Terapia Intensiva Cardiochirurgica
Dipartimento Medico Chirurgico
di Cardiologia Pediatrica
Ospedale Bambino Gesù, Roma

Fiorenza Ferrari

Dirigente Medico
Unità Operativa di Anestesia e Terapia Intensiva
Fondazione I.R.C.C.S. Policlinico San Matteo
Università di Pavia

Giulia Gazzaniga

Dirigente Medico
Unità Operativa di Anestesia e Terapia Intensiva
Fondazione I.R.C.C.S. Policlinico San Matteo
Università di Pavia

Roberta Haiberger

Dirigente Medico
Unità di Terapia Intensiva Cardiochirurgica
Dipartimento Medico Chirurgico
di Cardiologia Pediatrica
Ospedale Bambino Gesù, Roma

Anna Lorenzin

Ingegnere clinico
Unità Operativa Complessa
di Nefrologia, Dialisi e Trapianto renale
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Nicola Marchionna

Dirigente Medico
Unità Operativa Complessa
di Nefrologia, Dialisi e Trapianto renale
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Eleonora Marinari

Dirigente Medico
Unità di Terapia Intensiva Cardiochirurgica
Dipartimento Medico Chirurgico
di Cardiologia Pediatrica
Ospedale Bambino Gesù, Roma

Maria Angela Mettifogo

Coordinatore Tutoraggio Nursing
Unità Operativa Complessa
di Nefrologia, Dialisi e Trapianto renale
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Marta Proglia

Dirigente Medico
Unità Operativa Complessa
di Nefrologia, Dialisi e Trapianto renale
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Emilio Quia

Professore Ordinario di Radiologia
Dipartimento di Medicina (DIMED)
Istituto di Radiologia
Università degli Studi di Padova

Zaccaria Ricci

Professore Associato di Anestesia,
Rianimazione, Terapia Intensiva e del Dolore
Dipartimento di Scienze della Salute,
Università di Firenze
Servizio di Anestesia e Rianimazione,
AOU Meyer, Firenze

Stefano Romagnoli

Professore Ordinario di Anestesia,
Rianimazione, Terapia Intensiva e del Dolore
Dipartimento di Scienze della Salute,
Università di Firenze
Dipartimento di Anestesia e Rianimazione,
AOU Careggi, Firenze

Sara Samoni

Dirigente Medico
Unità Operativa Complessa
di Nefrologia e Dialisi
ASST Lariana, Ospedale Sant'Anna - Como

Gianluca Villa

Ricercatore Universitario di Anestesia,
Rianimazione, Terapia Intensiva e del Dolore
Dipartimento di Scienze della Salute,
Università di Firenze
Dipartimento di Anestesia e Rianimazione,
AOU Careggi, Firenze

Monica Zanella

Dirigente Medico
Unità Operativa Complessa
di Nefrologia, Dialisi e Trapianto renale
ULSS 8 Berica, Ospedale San Bortolo – Vicenza

Federica Zoppi

Medico specializzando
Scuola di Specializzazione in Anestesia,
Rianimazione, Terapia Intensiva e del Dolore,
Università di Firenze

*Uno speciale ringraziamento alla dottoressa Elisa Costa
Fellow dell'International Renal Research Institute of Vicenza (IRRIV)
per la correzione delle bozze e la rilettura dei testi.*

Indice generale

Presentazione	III
Introduzione e uso del libro	V
Autore e collaboratori	VII
CAPITOLO 1	
Cenni storici	1
<i>Claudio Ronco</i>	
Nascita della Critical Care Nephrology	1
Storia delle terapie sostitutive nel paziente critico	2
Storia delle terapie sostitutive nel paziente pediatrico	15
CAPITOLO 2	
Il paziente critico	17
<i>Silvia De Rosa, Zaccaria Ricci, Sara Samoni</i>	
Definizione	17
Approccio iniziale e gestione del paziente critico	21
Quadri clinici	22
Al letto del paziente critico	33
CAPITOLO 3	
Aspetti generali di Terapia Intensiva: il paziente critico e le insufficienze d'organo	37
<i>Stefano Romagnoli, Silvia De Rosa, Zaccaria Ricci</i>	
Le disfunzioni d'organo	37
La sepsi e lo shock settico	40
Il monitoraggio emodinamico	44
Farmaci cardio-vasoattivi	56
L'insufficienza respiratoria	61
Il supporto artificiale extracorporeo delle insufficienze d'organo e la Multiple Organ Support Therapy (MOST)	68
CAPITOLO 4	
Il paziente con malattia renale cronica in terapia intensiva	75
<i>Sara Samoni, Silvia De Rosa</i>	
Introduzione	75
La relazione fisiopatologica tra malattia renale cronica (CKD) e danno renale acuto (AKI)	75
Possibili presentazioni cliniche di quadri critici nei pazienti con malattia renale cronica	78
Gestione del paziente con malattia renale cronica in terapia intensiva	79
Il passaggio dall'emodialisi e dialisi peritoneale alle terapie sostitutive renali continue e viceversa	81

CAPITOLO 5

Il danno renale acuto e insufficienza renale acuta (AKI) 83*Sara Samoni, Gianluca Villa, Claudio Ronco*

Definizione e classificazione	83
Epidemiologia dell'AKI	88
Fisiopatologia e patogenesi dell'AKI	89
Classificazione eziologica dell'AKI	92
L'AKI in specifici contesti clinici	94
Quadri clinici e loro evoluzione	98

CAPITOLO 6

L'imaging nella malattia renale acuta in terapia intensiva 101*Sara Samoni, Emilio Quaia, Claudio Ronco*

Introduzione	101
La radiografia	101
L'urografia	102
La TC addome e l'uro-TC	104
L'ecocolorDoppler renale	105
L'ecografia nella determinazione dello stato di idratazione	111
La risonanza magnetica del rene e delle vie urinarie	112

CAPITOLO 7

Biopsia e quadri istologici di danno renale acuto 113*Marta Proglia, Claudio Ronco*

La biopsia renale	113
Indicazioni alla biopsia	113
Controindicazioni alla biopsia renale	115
Esecuzione della biopsia renale	115
Complicanze della biopsia renale	116
Lesioni caratteristiche	116
Quadri istologici tipici di danno renale acuto	118

CAPITOLO 8

Indicazioni all'inizio della terapia extracorporea e timing 127*Zaccaria Ricci, Eleonora Marinari, Simona Benegni, Stefano Romagnoli*

Indicazioni e timing: una questione di semantica?	127
Indicazioni alla terapia dialitica nel paziente critico	128
Timing	134
Discontinuazione della RRT (weaning)	137

CAPITOLO 9

Accessi vascolari 139*Nicola Marchionna, Sara Samoni*

Introduzione	139
Catetere venoso centrale	140
Sito d'inserzione	145
Performance del catetere	145
Lunghezza del catetere	147
Procedura di attacco del catetere venoso centrale	148
Ricircolo	149
Procedura di chiusura del catetere venoso centrale	150
Complicanze, suggerimenti e raccomandazioni pratiche	151

CAPITOLO 10

Meccanismi di trasporto dei soluti 155*Claudio Ronco, Monica Zanella*

Introduzione	155
Diffusione	156
Ultrafiltrazione	159

Convezione	161
Adsorbimento	164
Osmosi	164
CAPITOLO 11	
Filtri e membrane: struttura e funzioni	165
<i>Claudio Ronco, Sara Samoni</i>	
Introduzione	165
Il sistema dializzante	165
Il comparto del liquido di dialisi	184
Il filtro nel suo insieme	186
Considerazioni relative all'impiego dei filtri nelle CRRT	195
Conclusioni	195
CAPITOLO 12	
Sorbenti: struttura chimica e applicazioni cliniche.	197
<i>Claudio Ronco</i>	
Introduzione	197
Principi di base	197
Struttura e composizione dei sorbenti	199
Requisiti di un sorbente	201
Meccanismi di adsorbimento dei soluti in mezzi porosi	201
Misura ed efficienza dell'adsorbimento	203
Biocompatibilità dei sorbenti	206
Razionale per l'impiego dei sorbenti in clinica	208
Modalità e tecniche di impiego dei sorbenti	209
Terapie con sorbenti nella sepsi	214
Terapie con sorbenti nelle intossicazioni	216
Conclusioni	217
CAPITOLO 13	
Concetti di terapia extracorporea (il circuito e il monitor)	219
<i>Zaccaria Ricci, Isabella Favia, Stefano Romagnoli</i>	
Introduzione	219
Il monitor: evoluzione di quattro generazioni.	220
Le componenti di un apparecchio per CRRT	223
Il circuito extracorporeo	225
I sistemi di sicurezza del circuito extracorporeo	229
Le fasi di un trattamento CRRT	234
CAPITOLO 14	
Strategie di anticoagulazione durante CRRT	237
<i>Stefano Romagnoli, Zaccaria Ricci</i>	
Introduzione	237
Scegliere una strategia secondo le linee guida	238
Anticoagulazione sistemica con UFH e LMWH	238
Anticoagulazione sistemica con gli inibitori diretti della trombina	241
Anticoagulazione regionale con citrato (RCA)	241
Anticoagulazione regionale con eparina-protamina	249
NO anticoagulazione	250
Conclusioni	250
CAPITOLO 15	
Liquidi di sostituzione e soluzioni dializzanti.	253
<i>Sara Samoni, Gianluca Villa</i>	
Introduzione	253
Tipologia e caratteristiche dei liquidi di sostituzione e del dialisato in CRRT	253
Tipologia e caratteristiche delle soluzioni tampone in CRRT	257
Temperatura dei liquidi di sostituzione e del dialisato in CRRT.	258

CAPITOLO 16

Tecniche extracorporee nel paziente critico 259*Claudio Ronco, Sara Samoni*

Introduzione.	259
Obiettivi delle tecniche extracorporee nel paziente critico	259
Cenni storici.	260
Meccanismi operativi.	260
Circuito e accesso vascolare	261
Durata e frequenza del trattamento	261
Tecniche e relativi dispositivi	262
Conclusioni	269

CAPITOLO 17

Prescrizione della RRT e scelta della modalità 271*Zaccaria Ricci, Simona Benegni, Stefano Romagnoli, Claudio Ronco*

Quando iniziare e con quale modalità.	271
La scelta della membrana	280
Dose dialitica	283
Gestione del volume	287
Discontinuazione da RRT (<i>weaning</i>)	289

CAPITOLO 18

**Clinica del trattamento sostitutivo renale nel paziente critico:
dalle fasi iniziali alla dimissione dalla terapia intensiva 293***Zaccaria Ricci, Stefano Romagnoli, Claudio Ronco*

Caratterizzazione del paziente prima dell'inizio della terapia extracorporea	293
Inizio della terapia: dalla prescrizione teorica alla somministrazione pratica	299
Monitoraggio della terapia e prescrizione dinamica	300
Modalità di sospensione del trattamento	302
Criteri di dimissione dalla terapia intensiva e follow-up	302

CAPITOLO 19

**Conduzione e monitoraggio della terapia extracorporea
(elementi di nursing) 305***Maria Angela Mettifogo*

Introduzione.	305
Preparazione del materiale e allestimento	305
Fase di priming	306
Preparazione dell'accesso vascolare	308
Impostazione dei parametri di trattamento	309
Fase di attacco del paziente	310
Gestione del trattamento	313
Fase di stacco del paziente	320
Suggerimenti pratici	321

CAPITOLO 20

Complicanze tecniche e cliniche dei trattamenti sostitutivi renali 323*Silvia De Rosa, Vinicio Danzi*

Complicanze tecniche	324
Complicanze cliniche.	329

CAPITOLO 21

Sepsi e clinica della disfunzione multiorgano 341*Gianluca Villa, Silvia De Rosa*

Epidemiologia.	341
Vecchie e nuove definizioni di sepsi e shock settico	343
Principi di trattamento	358

CAPITOLO 22	
Trattamenti extracorporei nella sepsi	365
<i>Gianluca Villa, Silvia De Rosa, Claudio Ronco</i>	
Principi di trattamento e ruolo delle EBPT	366
Rimozione di endotossina	369
Rimozione delle citochine tramite emoadsorbimento	370
Rimozione delle citochine tramite <i>clearance</i> transmembrana.	372
Il concetto di terapia sequenziale	373
Conclusioni	374
CAPITOLO 23	
Terapie extracorporee di supporto multiorgano (ECOS).	377
<i>Silvia De Rosa, Gianluca Villa, Claudio Ronco</i>	
Introduzione.	377
Supporto extracorporeo della funzione epatica	379
Supporto cardio-respiratorio	385
Ultrafiltrazione, supporto cardiaco e gestione del bilancio idrico	392
Evoluzione tecnologica e delle terapie ECOS	400
CAPITOLO 24	
Tipologie e caratteristiche delle apparecchiature per CRRT	401
<i>Anna Lorenzin, Maria Angela Mettifogo, Claudio Ronco</i>	
Introduzione.	401
Le macchine per CRRT.	402
Componenti fondamentali di una macchina per CRRT	402
Caratteristiche tecniche delle macchine per CRRT più comuni.	405
CAPITOLO 25	
Terapia sostitutiva renale pediatrica	419
<i>Zaccaria Ricci, Roberta Haiberger</i>	
Epidemiologia della terapia renale sostitutiva continua	419
Timing	420
Modalità di terapia sostitutiva renale continua: dialisi peritoneale	421
Modalità di terapia sostitutiva renale continua: dialisi extracorporea	422
Aspetti tecnici della terapia continua sostitutiva renale pediatrica	424
Terapia sostitutiva renale in bambini sottoposti a <i>Extracorporeal Membrane Oxygenation</i> (ECMO)	426
Conclusioni	427
CAPITOLO 26	
Nutrizione nel paziente critico e in corso di terapia extracorporea	429
<i>Silvia De Rosa, Vinicio Danzi</i>	
Aspetti fisiologici del metabolismo energetico.	430
Metodi di misurazione della spesa energetica totale.	430
Alterazioni del metabolismo proteico e <i>Protein Energy Wasting</i>	433
Alterazioni del metabolismo glucidico e lipidico	435
Gestione della nutrizione in corso di danno renale acuto	436
Gestione della nutrizione in corso di terapia sostitutiva renale	438
Conclusioni	441
CAPITOLO 27	
Farmaci e CRRT.	443
<i>Fiorenza Ferrari, Giulia Gazzaniga</i>	
Farmacocinetica e farmacodinamica	443
Modificazioni farmacocinetiche nel paziente critico	444
Parametri farmacocinetici di interesse nel paziente critico	445
Caratteristiche fisico-chimiche di un farmaco e CRRT	447
Rimozione di un farmaco durante CRRT	448

Calcolo della clearance, dose e intervallo di somministrazione di un farmaco durante CRRT.	451
Appendice.	453
CAPITOLO 28	
Gestione della qualità in CRRT	457
<i>Sara Samoni, Claudio Ronco</i>	
Introduzione.	457
La prevenzione primaria del danno renale acuto in comunità.	457
La prevenzione primaria del danno renale acuto in ospedale.	460
La prevenzione secondaria del danno renale acuto in ospedale	462
La terapia sostitutiva renale	464
Considerazioni pratiche sugli indicatori di qualità	464
La prevenzione terziaria del danno renale acuto	469
Conclusioni	471
CAPITOLO 29	
Linee guida italiane alla prevenzione, diagnosi e terapia delle sindromi di danno renale acuto	473
<i>Sara Samoni, Silvia De Rosa, Gianluca Villa, Claudio Ronco</i>	
Sezione 1. Introduzione e metodologia	473
Sezione 2. Definizione di AKI	475
Sezione 3. Prevenzione e trattamento dell'AKI	476
Sezione 4. AKI da mezzo di contrasto.	478
Sezione 5. Interventi dialitici per il trattamento dell'AKI	479
CAPITOLO 30	
Nomenclatura nelle terapie sostitutive renali.	483
<i>Anna Lorenzin, Gianluca Villa</i>	
Introduzione.	483
Caratteristiche delle membrane	486
Meccanismo di trasporto di fluidi e soluti	488
Fluidi, volumi e flussi.	491
CAPITOLO 31	
Il danno renale in pazienti con infezione da SARS-CoV-2	495
<i>Stefano Romagnoli, Federica Zoppi, Zaccaria Ricci, Claudio Ronco</i>	
Introduzione: una pandemia inattesa	495
AKI in corso di COVID-19: fisiopatologia del danno	496
Strategie di trattamento extracorporeo	498
Conclusioni	502
Lecture e siti consigliati	503
Glossario abbreviazioni e acronimi	505
Indice analitico	513